

# 第 106 學年度清華大學普通物理實驗(18)

預報 或 結報 課程編號：10620PHYS102011

實驗名稱：光的折射·偏振·干涉和繞射

系 級：材料21 組 別：7

學 號：106031204.106031209 姓 名：林暄堯

組 員：彭慧文

實驗日期：107年4月25日 補作日期：\_\_\_年\_\_\_月\_\_\_日

◎ 以下為助教記錄區

預報繳交日期	報告成績	助教簽名欄
	A <sup>+</sup>	
結報繳交日期		
報告缺失紀錄		

一、結果與分析

[A] 薄透鏡焦距之量測

(一) 凸透鏡

	f(cm)
1	14.8
2	15
3	15.4
平均值	15.1±0.306

(二) 凹透鏡

$$f' = f - d$$

$$f = 15.1\text{cm}$$

	d(cm)	f'(cm)
1	14	1.1
2	13.5	1.6
3	14.2	0.9
平均值	13.9±0.361	1.2±0.361

[B] 壓克力之折射率

(一) 雷射測距儀

1. 壓克力條

$$l = 0.39\text{m}$$

$$l' = 0.606\text{m}$$

$$n = \frac{l'}{l} = 1.55$$

2. 壓克力板

$$l = 0.08\text{m}$$

$$l' = 0.123\text{m}$$

$$n = \frac{l'}{l} = 1.53$$

(二) 氦氖雷射

$$d = 1\text{cm}$$

$$r = 2\text{cm}$$

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = \frac{\sqrt{d^2 + \frac{r^2}{4}}}{\frac{r}{2}} n_1 = \frac{\sqrt{0.01^2 + \frac{0.02^2}{4}}}{\frac{0.02}{2}} \times 1 = 1.414$$

[C] 光的偏振

$$\tan \theta_B = n$$

$$n_{\text{理論值}} = 1.55$$

$$\theta_{B\text{理論值}} = \tan^{-1}(1.55) = 57.17^\circ$$

$$\theta_{B\text{實驗值}} = 50^\circ$$

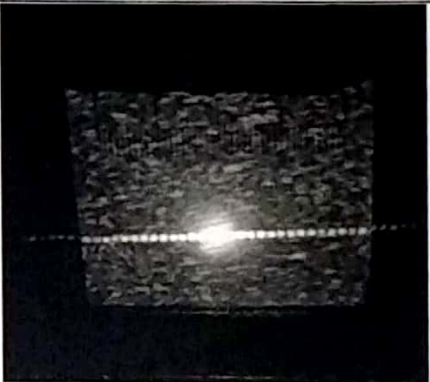
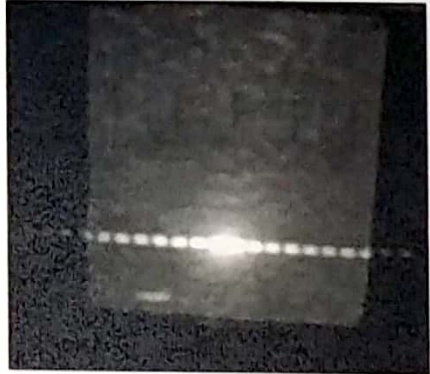
$$n_{\text{實驗值}} = \tan 50^\circ = 1.19$$

$$n_{\text{誤差}} = \frac{|n_{\text{實驗值}} - n_{\text{理論值}}|}{n_{\text{理論值}}} \times 100\% = \frac{|1.19 - 1.55|}{1.55} \times 100\% = 23.22\%$$

$$\theta_{B\text{誤差}} = \frac{|\theta_{B\text{實驗值}} - \theta_{B\text{理論值}}|}{\theta_{B\text{理論值}}} \times 100\% = \frac{|50 - 57.17|}{57.17} \times 100\% = 12.54\%$$

[D] 單狹縫繞射

(一) 單狹縫膠片

	a (mm)	L (cm)	$\Delta y$ (cm)	$\lambda$ (nm)	$\lambda$ 誤差 (%)	圖片
1	0.16	41.5	0.2	771.1	21.86	
2	0.08	41.5	0.3	578.3	8.61	

$$\Delta y = \frac{L\lambda}{a}$$

$$0.2 \times 10^{-2} = \frac{41.5 \times 10^{-2} \times \lambda}{0.16 \times 10^{-3}}$$

$$\lambda = 771.1 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\text{誤差}} = \frac{|\lambda_{\text{實驗值}} - \lambda_{\text{理論值}}|}{\lambda_{\text{理論值}}} \times 100\% = \frac{|771.1 - 632.8|}{632.8} \times 100\% = 21.86\%$$

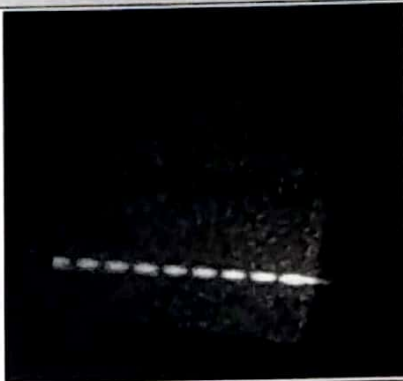


$$0.3 \times 10^{-2} = \frac{41.5 \times 10^{-2} \times \lambda}{0.08 \times 10^{-3}}$$

$$\lambda = 578.3 \text{ nm}$$

$$\lambda \text{ 誤差} = \frac{|\lambda \text{ 實驗值} - \lambda \text{ 理論值}|}{\lambda \text{ 理論值}} \times 100\% = \frac{|578.3 - 632.8|}{632.8} \times 100\% = 8.61\%$$

(二) 頭髮

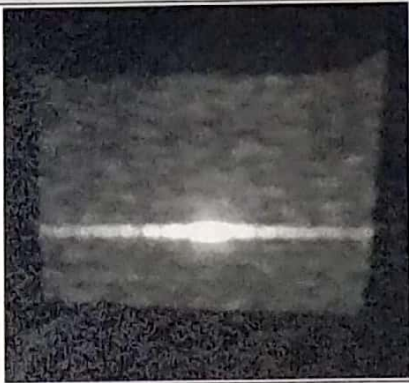
L (cm)	$\Delta y$ (cm)	$\lambda$ (nm)	a (mm)	圖片
41.5	0.4	632.8	0.07	


$$\Delta y = \frac{L\lambda}{a}$$

$$0.4 \times 10^{-2} = \frac{41.5 \times 10^{-2} \times 632.8 \times 10^{-9}}{a}$$

$$a = 6.565 \times 10^{-5} \text{ m}$$

[E] 雙狹縫繞射

	b (mm)	L (cm)	$\Delta y$ (cm)	$\lambda$ (nm)	$\lambda$ 誤差 (%)	圖片
1	0.25	41.5	0.1	602.4	4.80	

2	0.25	41.5	0.08	542.2	14.32	
---	------	------	------	-------	-------	--

$$\Delta y = \frac{L\lambda}{b}$$

$$0.1 \times 10^{-2} = \frac{41.5 \times 10^{-2} \times \lambda}{0.25 \times 10^{-3}}$$

$$\lambda = 602.4 \text{ nm}$$

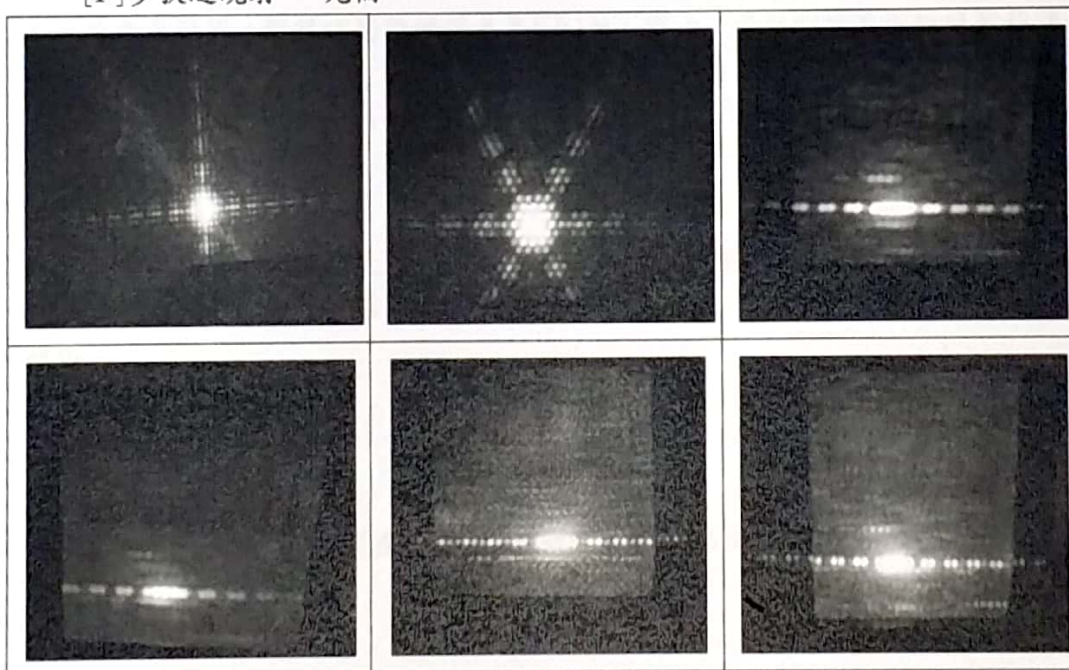
$$\lambda \text{ 誤差} = \frac{|\lambda \text{ 實驗值} - \lambda \text{ 理論值}|}{\lambda \text{ 理論值}} \times 100\% = \frac{|602.4 - 632.8|}{632.8} \times 100\% = 4.80\%$$

$$0.08 \times 10^{-2} = \frac{41.5 \times 10^{-2} \times \lambda}{0.25 \times 10^{-3}}$$

$$\lambda = 542.2 \text{ nm}$$

$$\lambda \text{ 誤差} = \frac{|\lambda \text{ 實驗值} - \lambda \text{ 理論值}|}{\lambda \text{ 理論值}} \times 100\% = \frac{|542.2 - 632.8|}{632.8} \times 100\% = 14.32\%$$

[F] 多狹縫繞射---光柵



## 二、結果與討論

### [A] 薄透鏡焦距之量測

凸透鏡的焦距是由兩個位置相減，誤差不大；凹透鏡卻是由已經有誤差的凸透鏡焦距再與兩個位置做加減運算，誤差較大。因為凹透鏡焦距很小的緣故，誤差對它的影響較大，才會讓它的尺度難以估計。

### [B] 壓克力的折射率

大部分的誤差來源應為測量長度時的誤差。另外，雷射測距儀得到的數值不須除以 2，否則誤差會變得很大。一開始我們犯了這個錯誤，後來才修正回來。

### [C] 光的偏振

求布魯斯特角的算法，都是將入射光減去反射光，之後再除以 2。由兩次實驗結果平均，便可得布魯斯特角。造成誤差的原因可能是因為用肉眼判斷光強度會有人為誤差，但若用光度計尋找光點卻又十分不方便。

### [D] 單狹縫繞射

中央亮紋的長度與狹縫的寬度成反比，中央亮紋的長度隨著狹縫寬度增加而縮短。誤差有可能是在測量亮紋長度時產生的，因為間隔數眾多、燈光昏暗的緣故，很有可能測量錯誤。較精確的數據誤差為 8.61%，夠小，足以印證單狹縫繞射的理論。

### [E] 雙狹縫繞射

由  $d\sin\theta = n\lambda$  及  $d$  為兩狹縫之距可知，亮紋的寬度與狹縫寬度無關。誤差來源也可能為測量上的錯誤。較精確的數據誤差為 4.80%，夠小，足以印證雙狹縫繞射的理論。

### [F] 多狹縫繞射---光柵

理論上狹縫數越多，亮帶寬度就越窄。但我們忘了標記狹縫數，所以沒辦法驗證。



### 三、問題與討論

#### [A] 薄透鏡焦距之量測

1. 如何檢驗光束是否為平行光束？

答：把已知焦距的凸透鏡至於平行光前，觀察是否在焦點成像。若沒有的話，則不為平行光束。

2. 入射光線不平行於鏡軸時(如圖 1)，成像焦距有何變化？

答：光線匯聚到副光軸和焦平面的交點。副光軸是條與入射光平行、通過鏡心的線，焦平面則是通過透鏡焦點與主軸垂直的面。

3. 厚透鏡之成像公式為何？

答： $P = P_1 + P_2 - P_1 P_2 \frac{1}{n_1}$  ( $P$ :透鏡的曲光度、 $P_1$ :入射面的曲光度、 $P_2$ :透射面的曲光度、 $n_1$ :入射面的折射率)

4. 步驟(二)的方法一中：若二個透鏡的順序相反時會有何結果？

答：在原本的順序中，凸透鏡的焦距為凸透鏡與凹透鏡的距離加上凹透鏡的焦距。若順序相反而要維持光線平行射出，則凹透鏡之焦距便成凸透鏡與凹透鏡之距離加上凸透鏡的焦距。

5. 步驟(二)的方法二中，若透鏡順序與圖中相反？當二透鏡焦距重疊時在光屏上將看到什麼？如何解釋？

答：若透鏡順序與圖中相反則結果同上題。兩透鏡焦距重合時， $\text{焦距} = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2}$

6. 試求出圖 2 中的光束截面大小之比  $b/a$  跟透鏡焦距  $f_1$  及  $f_2$  的關係

答：假設進入凸透鏡的入射光與主軸的角度為  $\theta$ ， $\frac{a}{b} = \frac{(f_1 \tan \theta)^2 \pi}{(f_2 \tan \theta)^2 \pi} = \frac{f_1^2}{f_2^2}$

#### [B] 壓克力的折射率

1. 依光的粒子說與波動說(惠更斯原理)分別推導光在介質中的速度，步驟 2 的實驗結果與哪一個學說一致？

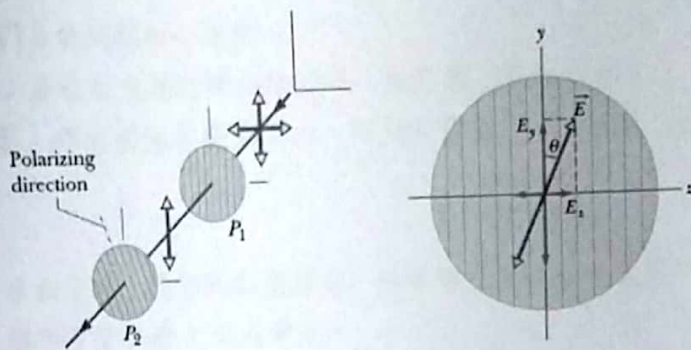
答：波動說(惠更斯原理)。

#### [C] 光的偏振

1. 使雷射光通過二片偏振片，當兩片偏振片的偏振方向互相垂直時，沒有光通過。試解釋其原因。

答：設入射光為無偏振光，當透過第一片偏振片時只有特定偏振方向之光可透過，再經過第二片偏振片時，因第二片可透過之光只有偏振方向與第一片垂直的光，但經過第一片篩選的光已無該方向分量之光，故沒有光透過。

2. 若在上題的兩片偏振板之間另加一片偏振片(即步驟 3)，只要它的偏振方向和原來兩片的偏振方向不同，總會有少量的光透過。試以電場的重疊原理說明這個現象。



通過第一片  $E_1 = E_{\text{total}} \cos \theta$   $I = I_0 \cos^2 \theta$

通過第二片  $E_2 = E_1 \cos(90^\circ - \theta) = E_{\text{total}} \cos \theta \cos(90^\circ - \theta)$

$I = I_0 \cos^2 \theta \cos^2(90^\circ - \theta) = I_0 \cos^2 \theta \sin^2 \theta$

並不會完全將光濾掉，還會有少量光透過。

3. 步驟 4 將偏振板放在入射光的位置而步驟 6 將偏振板放在反射光方向。比較二者所得的結果你認為那一種方法較佳？請說明原因。

答：入射光位置，因為其光較亮，比較好觀察。

4. 步驟 8 所得結果，折射光與反射光是否垂直？請解釋你的答案。

答：理論上當入射角等於布魯斯特角時，折射光與反射光垂直。因步驟 6 時取下雷射光出口處的偏振片，改將偏振片放置於反射光處。理論上會得到較佳的偏振效果，但此時的偏振片沒有一個基準去對應，這會造成很大的誤差，而步驟 5 卻能輕易的讓在雷射出口的偏振片對準水平的方向，與入射面的方向平行，此時造成的誤差較小，得到的結果較好。

5. 有些新式墨鏡是以偏振型塑膠薄片（或在普通鏡片上貼一層偏振膜）製成的，你能決定其偏振方向嗎？請說明理由

答：一般而言，水平的反射光會造成眩光。偏光鏡片上的膜，構造像是百葉窗一樣，將水平震動的刺眼光線擋住，只讓垂直方向的光線通過，因此可以決定偏振方向。

#### [D] 單狹縫繞射

1. 頭髮的繞射圖形和單狹縫繞射圖形有何異同？如何利用頭髮的繞射圖形測量頭髮直徑？

答：頭髮的繞射圖形中，亮紋亮度較平均，沒有特別突出的亮紋。

公式  $\Delta y = \frac{L\lambda}{a}$ ，已知  $\Delta y$ 、 $L$ 、 $\lambda$ ，可求得  $a$ ，為頭髮直徑。



#### [F]多狹縫繞射---光柵

1. 若雷射光為紅綠兩條譜線，繞射圖形會是什麼？

答：綠光的波長約 532nm，紅光的波長約 632.8nm，根據多狹縫的繞射公式：

$$y = \frac{\lambda r}{d} \times m$$

波長愈短，繞射圖形愈密集，所以綠光會比紅光還多，在為兩者波長公倍數之區域兩者會相疊，形成黃光。

#### 四、心得

這次實驗最困難的不是實驗內容，而是要在黑漆漆的環境完成實驗。要找東西的時候，都要摸個老半天，有點不方便。在量亮紋長時，要一直盯著圖形看，到最後我都覺得眼睛快瞎了，這應該算是實驗的另類副作用吧！

#### 五、參考資料

清大普物實驗室：光學講義